第36卷 第2期
1993年5月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol. 36, No. 2
May, 1993

镶嵌式防治对抗性演化影响的论证

唐振华　　张朝远

(中国科学院上海昆虫研究所,上海　200025)

摘要　为了评估镶嵌式防治对抗性演化的影响,我们以淡色库蚊(*Culex pipiens pallens*)作为模型昆虫,用抗马拉硫磷(单因子)品系(RM)和抗氰戊菊酯(多因子)品系(RF)构成抗性个体频率均为0.1的一个"合成群体"(M品系),然后在F_1代分成三个亚品系。Rmf亚品系用马拉硫磷和氰戊菊酯作镶嵌式模拟处理,并与单用马拉硫磷(Rm)和氰戊菊酯(Rf)逐代处理的亚品系作比较。处理10代后,Rm和Rmf对马拉硫磷的抗性分别是M品系的266.4和6.1倍,而Rf和Rmf在处理5代后,对氰戊菊酯的抗性均已达243.3倍。模拟结果表明:(1)以杀虫机理不同的杀虫剂进行镶嵌式防治,在一定的条件下能延缓抗性的发展;(2)对单因子遗传的马拉硫磷特别有效,而对多因子遗传的氰戊菊酯效果不佳。此外,还讨论了抗性治理的策略。

关键词　抗药性　镶嵌式防治　抗性治理策略

据文献,到1986年底至少有490种昆虫(包括螨类)对一种或几种杀虫剂产生抗药性(Goerghiou, 1987)。而抗性治理已成为当前害虫抗药性研究中颇为活跃的领域。在抗性治理策略的研究中,Curtis等(1978)提出了镶嵌式防治(mosaic control),即按"镶嵌"或棋盘式分成防治区和不防治区,为野外的敏感个体提供一个不处理的"庇护所",使其对抗性基因频率的增加有缓解作用。但是,这种设想(保留部分地区不防治)在某些情况下,特别是对经济价值较高的作物,难于被农民接受。于是5年后,Goerghiou(1983)又提出了以作用机理不同的几种杀虫剂进行镶嵌式防治,以弥补Curtis等设想的不足。

上述设想仅是理论上的推测,迄今未见到具体的论证。为了评估上述设想,我们应用一个由一定的抗性个体频率构成的"合成群体"进行镶嵌式防治的模拟试验,探讨其对抗性演化的影响。实验结果见下。

材料与方法

一、供试药剂

马拉硫磷(95.5%)和氰戊菊酯(94.7%)分别为宁波农药厂和日本住友化学公司产品。

二、供试的淡色库蚊品系

RM品系　抗马拉硫磷的纯合子品系,从抗性机理(唐振华,1986)、形式遗传和生化遗传(黎云根和唐振华,1982—1983;1984)证明,该品系为单因子遗传,即羧酸酯酶活性增高。

RF品系　抗氰戊菊酯品系,为多因子遗传,涉及的抗性机理有酯酶、多功能氧化酶和神经敏感度降低等。

本文于1991年8月收到。

S 品系：通过单对交配纯化而得的敏感纯合子品系。

三、"合成群体"的模拟设计

以上述三个品系为标准的模型昆虫，构成一个 RM 和 RF 个体频率均为 0.1 的"合成群体"(M 品系)。在 F_1 代时如下图 1 所示，分成三个亚品系，其中两个亚品系分别以

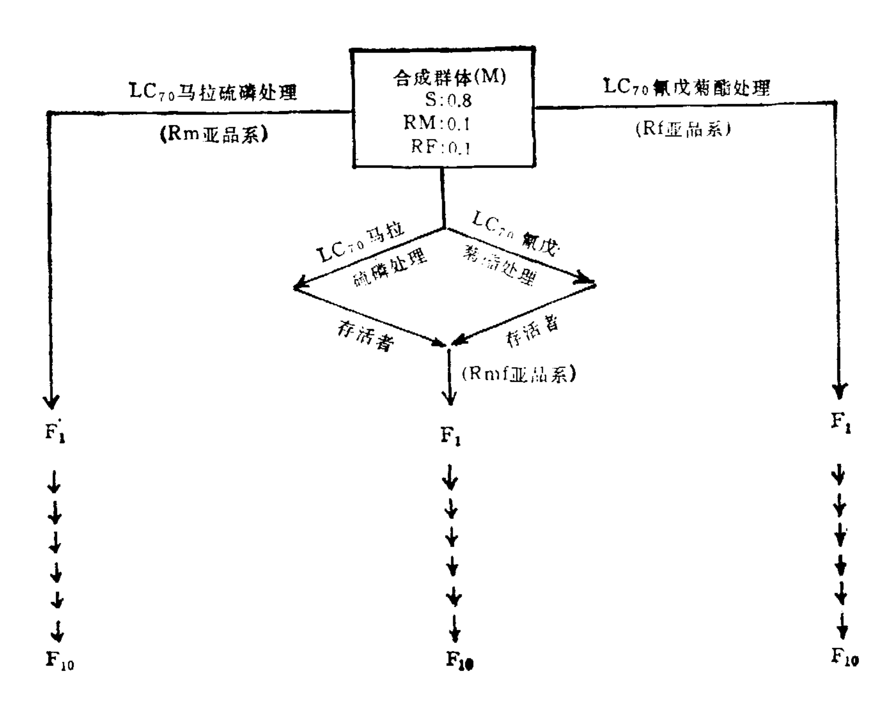


图 1 以马拉硫磷和氰戊菊酯作镶嵌式防治模拟处理的示意图

LC_{70} 的马拉硫磷和氰戊菊酯对四龄幼虫进行逐代筛选，这两个亚品系分别称为 Rm 和 Rf。第三个亚品系（Rmf）在四龄幼虫又分成相同的二部分，分别以 LC_{70} 的马拉硫磷和氰戊菊酯处理 24 小时，然后将二部分存活的个体合并在一起，在清水饲养至成虫，让它们随机交配，这相当于田间用杀虫剂 A 和 B 进行镶嵌式防治后、相邻处理区的存活者互相迁飞，并随机交配。以后逐代作同样的处理。并逐代测定这三个亚品系的 LC_{50} 变化，比较它们的抗性演化规律。

四、生物测定

淡色库蚊的测定方法均仿唐振华等（1980）。室温 26±1℃ 时的水温均为 21℃ 左右。

测定的结果均用根据 Finney 机率值法编制的计算机程序计算 LC_{50}，95% 可信限，迴归方程式和 χ^2 值。因为所得数据未见异质性，为了节省篇幅，文内仅列出 LC_{50} 和 95% 可信限，其余均省略。

结 果

一、S、RM、RF 和 M 品系对马拉硫磷和氰戊菊酯的敏感度或抗药性测定结果

上述几个品系的抗性水平如表 1 所示，RM 品系对马拉硫磷的抗性是 S 品系的 423.2

表 1　S、RM、RF 和 M 品系对马拉硫磷和杀灭菊酯的敏感性

杀虫剂	品系	LC_{50}(ppm)	抗性指数
马拉硫磷	S	0.0780	1.0
	RM	33.0150	423.2
	RF	0.1009	1.0
	M	0.0710	1.0
杀灭菊酯	S	0.0193	1.0
	RM	0.0221	1.1
	RF	>100	>5181.3
	M	0.4110	21.3

倍，而对氰戊菊酯无交互抗性。RF 品系对氰戊菊酯的抗性至少是 S 品系的 5181.3 倍，而对马拉硫磷无交互抗性。这表明 RM 和 RF 品系对马拉硫磷和氰戊菊酯均无交互抗性。

二、镶嵌式防治对抗性演化的影响

在室内用马拉硫磷和氰戊菊酯对 Rmf 亚品系进行镶嵌式模拟处理 4 代后，该亚品系对马拉硫磷和氰戊菊酯的抗性发展情况分别见表 2 和表 3。若与 Rm 和 Rf 作一比较

表 2　Rm 和 Rmf 亚品系对马拉硫磷的抗药性发展

代别	LC_{50}(ppm)		抗性指数	
	Rmf	Rm	Rmf/F_1	Rm/F_1
F_1	0.071(0.066—0.077)	0.071(0.066—0.077)*	1.0	1.0
F_2	0.078(0.075—0.082)	0.764(0.276—2.117)	1.1	10.76
F_4	0.098(0.089—0.108)	0.101(0.300—3.401)	1.4	14.2
F_5	0.113(0.040—0.319)	1.982(1.720—2.283)	1.6	27.9
F_6	0.106(0.083—0.135)		1.5	
F_7	0.272(0.022—3.330)	13.250(12.37—14.20)	3.8	186.6
F_9	0.139(0.079—0.246)	15.540(12.91—18.71)	2.0	218.9
F_{10}	0.430(0.347—0.532)	18.910(17.91—19.98)	6.1	266.4

* 括弧内数字为 95% 可信限

表 3　Rmf 和 Rf 亚品系历代对杀灭菊酯的抗性发展

代别	LC_{50}(ppm)		抗性指数	
	Rmf	Rf	Rmf/F_1	Rf/F_1
F_1	0.411(0.261—0.647)	0.411(0.261—0.647)*		
F_2	10.170(6.059—13.310)	>100	24.75	>243.30
F_4	73.170(42.060—127.300)	>100	178.00	>243.30
F_5	>100	>100	>243.30	>243.30

* 括弧内数字为 95% 可信限

的话，则对马拉硫磷，Rm 的 LC_{50} 从 0.071 增至 18.910ppm，为M品系的 266.4 倍；Rmf 的 LC_{50} 从 0.071 增至 0.430ppm，为M品系的 6.1 倍。对氰戊菊酯，Rf 第 2 代的 LC_{50} 已从 0.411 增至 100ppm 以上，抗性已是M品系的 243.3 倍；Rmf 的 LC_{50} 经筛选 5 代后也

达到了 Rf 第 2 代的水平。

讨 论

从表 3 模拟的结果可以看出，以杀虫机理不同的二种或几种杀虫剂进行镶嵌式防治只有在以下的条件下才能延缓抗性的发展：即象马拉硫磷的抗性为单因子时能大大地延缓其抗性的发展，但若是象氰戊菊酯的抗性为多因子，则基本无效。镶嵌式防治的效果也许还取决于存活个体在邻近区域间的迁飞率，迁飞率高效果好。此外，群体中的 R 基因频率越低，应用这一策略的效果也许越好。

镶嵌式防治可克服混用的某些局限性。例如混用时的各单剂必须要求具有类同的衰减速度，不然经一定的时间后其效果相当于单剂。此外，还可克服轮用的某些局限性，因为轮用只有在停止用药后抗性个体的适合度低于敏感体时才能延缓抗性的发展（唐振华等，1990）。况且也可因遗传重组合的共适应而失去与抗性遗传型有关的劣势，即适合度提高，而镶嵌式防治不受这种影响。

但是，有些计算机模拟的结果表明，轮用和混用绝不比镶嵌式防治差，有时甚至要好得多（Roush, 1989）。众所周知，许多理论模型都是基于所谓明显的遗传学和生态学参数来计算的，例如，在计算机模拟中，往往假设抗性个体存在很低的适合度，抗性呈隐性。这时，轮用的效果必然要比镶嵌式防治好。但假设的这些参数是否与实际情况相符则又是一回事。

应用模型昆虫进行模拟试验可作为评估各种抗性治理策略的有效工具，包括对计算机模拟的结果加以验证。它不但比田间试验精确，而且能更快地获得结果。这种模拟系统是沟通理论和实践之间的桥梁，可用来评估从理论上提出的各种抗性治理模型的正确性和现实性，从而进一步修正这些防治策略，使其更符合实际情况。

参 考 文 献

唐振华 1986 淡色库蚊的马拉硫磷抗性及其机理的研究。昆虫学研究集刊 第六集 第 115—122 页。上海科学技术出版社。

唐振华等 1990 抗马拉硫磷淡色库蚊不同基因型的自然内禀增长率及其对抗性演化的影响。昆虫学报 33(4): 385—92。

唐振华等 1980 淡色库蚊对敌百虫的抗药性研究——抗性谱及联合作用。昆虫学报 23(3): 276—85。

黎云根、唐振华 1982—1983 抗马拉硫磷淡色库蚊的形式遗传研究。昆虫学研究集刊 第三集 第 85—92 页。上海科学技术出版社。

Curtis, C. F. et al. 1978 Selection for and against insecticide resistance and possible methods of inhibiting the evolution of resistance in mosquitoes. *Ecol. Entomol.* 3: 276.

Georghiou, G. P. 1983 Management of resistance in arthropods. In *Pest Resistance to Pesticides*. Georghiou, G. P. and T. Saito (eds.) New York, Plenum Publishing, pp. 769—792.

Georghiou, G. P. 1987 *Insecticides and Pest Resistance: The Consequences of Abuse.* Faculty Research lecture, Academic Senate, Univ. of Calif., Riverside, p. 27.

Roush, R. T. 1989 Designing resistance management programs: How can you choose? *Pestic. Sci.* 28(4): 423—30.

EVIDENCE FOR EFFICACY OF MOSAIC CONTROL ON EVOLUTION OF INSECTICIDE RESISTANCE

TANG ZHEN-HUA ZHANG ZHAO-YUAN

(*Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica, Shanghai* 200025)

For appraising the effect of mosaic control on evolution of insecticide resistance, we simulate the effect in the laboratory by using a synthetic population of *Culex pipiens pallens* as model inseet. A synthetic strain (M) was constituted at the R individual frequency of 0.1 for both malathion and fenvalerate (named RM for monofactorical and RF for polyfactorical, respectively) And then the M strain was divided into three sub-strains at F_1. The Rmf sub-strain was treated by mosaic control with malathion and fenvalerate, and compared with Rm and Rf sub-strain which were treated separately with one of the above insecticides. After 10 generations, the resistance of Rm and Rmf to malathion was 266.4- and 6.1-fold, respectively, but the resistance of Rf and Rmf to fenalerate was both more than 243.3-fold only after 5 generations The simulation results showed (1) that mosaic control with unrelated insecticides could retard resistance development in given conditions and (2) that it was extremely effective for monofactorical but little for polygenictraits. The strategies for resistance management are also discussed.

Key words insecticide resistance——mosaic control——strategies for resistance management